

# WEBGRAS: UN'APPLICAZIONE WEB PER LA STIMA DELLA QUALITÀ POTENZIALE DEL FORAGGIO DI PRATI PERMANENTI IN ALTO ADIGE

*Peratoner G.<sup>1</sup>, Romano G.<sup>1</sup>, Schaumberger A.<sup>2</sup>, Piepho H.-P.<sup>3</sup>, Resch R.<sup>2</sup>, Bodner A.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> CENTRO DI SPERIMENTAZIONE LAIMBURG – Ora (BZ)

<sup>2</sup> HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN – Irdning (A)

<sup>3</sup> UNIVERSITÄT HOHENHEIM – Hohenheim (D)

## Riassunto

webGRAS ([www.webgras.laimburg.it](http://www.webgras.laimburg.it)) è un'applicazione web, liberamente accessibile e gratuita, per la stima on-line della qualità potenziale del foraggio (qualità del foraggio al netto del processo di conservazione) dei prati stabili della Provincia di Bolzano al primo taglio. La stima avviene mediante modelli statistici predittivi per 19 parametri qualitativi, sviluppati su un'ampia base locale di dati, ottenuta mediante campionamento sequenziale, che descrive l'andamento dei parametri qualitativi del foraggio a partire dallo stadio di levata per un periodo di sette settimane. Per la stima vengono impiegate variabili predittive di tipo climatico/meteorologico, topografico, la composizione botanica, le caratteristiche pedologiche e la gestione agronomica. I modelli sono stati implementati in un'applicazione web di facile utilizzo, per consentirne l'uso da parte di consulenti ed agricoltori. Parte delle informazioni necessarie per la stima (somme termiche, radiazione globale potenziale, scarti della precipitazione dalla media di lungo periodo in distretti pluviometrici omogenei) vengono generate giornalmente da un sistema back-end a partire dai dati della rete locale delle stazioni meteorologiche. Altre informazioni vengono invece fornite dall'utente dell'applicazione. Gli stakeholder locali sono stati coinvolti mediante un approccio partecipativo durante lo sviluppo dell'applicazione per garantire un ampio utilizzo dell'applicazione in futuro.

## Abstract

**webGRAS: a web application to estimate the potential forage quality of permanent meadows in South Tyrol** – webGRAS ([www.webgras.laimburg.it](http://www.webgras.laimburg.it)) is a free of charge, freely available web application to estimate the potential forage quality (quality prior to forage conservation) of the permanent meadows of South Tyrol at the first cut. The estimate is performed by means of statistical predictive models, which were developed using a broad local data set obtained by sequential sampling and describing the changes of forage quality from the begin of stem elongation for seven weeks. Predictive variables related to climate/meteorology, topography, botanical composition, soil properties and the agronomical management are taken into consideration for the estimate. The statistical models have been implemented in a user friendly web application, in order to allow its use by farmers and advisors. Some of the necessary information (growing degree days, potential global radiation, daily precipitation departures from the long term average within homogenous precipitation districts) is computed by a back-end system that generates daily the required meteorological variables from the incoming data of the local weather stations network. Other information is provided by the user. The local stakeholders have been systematically involved during the development of the application in order to ensure an easy and broad use of the application in the practice.

## Introduzione

Informazioni attendibili sulla qualità del foraggio costituiscono un importante elemento di conoscenza per gli agricoltori del settore zootecnico,

al fine di assemblare una razione alimentare che soddisfi le esigenze nutritive dei ruminanti e che sia coerente con gli obiettivi produttivi aziendali. Le analisi di laboratorio di campioni rappresentativi costituiscono la via più affidabile per la determinazione della qualità del foraggio. Valori di riferimento possono però essere ottenuti anche da tabelle (le cosiddette tabelle del valore foraggero o "*Futterwerttabellen*" in Tedesco), che si basano sul tipo di conservazione del foraggio, sullo stadio fenologico medio del prato e (non sempre) sulla composizione botanica determinata speditivamente in base all'abbondanza di graminacee, leguminose e altre dicotiledoni (ad es. Daccord et al., 2007, Resch et al., 2006). Queste tabelle fanno uso indiretto della relazione esistente tra lo stadio fenologico delle piante foraggere e la qualità del foraggio (Bruinenberg et al., 2003). Mediante la misurazione dell'accumulo delle somme termiche, che costituiscono un indicatore del raggiungimento di successivi stadi di sviluppo da parte delle piante, è possibile descrivere il progresso dello sviluppo fenologico e quindi anche l'andamento della qualità del foraggio di singole specie (Rinne & Rykänen, 2000, Mitchell et al., 2001, Bovolenta et al., 2008, Hakl et al., 2010) o anche di cenosi polifite (Gusmeroli et al., 2005, Parsons et al., 2006, Parsons et al., 2013).

Tra il 2003 ed oggi è stata costituita per la Provincia di Bolzano un'ampia base di dati che descrive l'andamento della qualità del primo taglio del foraggio dei prati permanenti per un periodo di sette settimane a partire dallo stadio di levata. A questi dati sono associate le relative informazioni di carattere agronomico e botanico. Gli obiettivi del progetto webGRAS (finanziato dal programma FESR 2007-2013), che si è concluso nel 2015, erano: 1) lo sviluppo di modelli statistici predittivi atti a stimare la qualità potenziale del foraggio (qualità al netto del processo di conservazione) sulla base di variabili topografiche, agronomiche, botaniche e meteorologiche/Climatiche generabili in automatico a partire da banche dati GIS o meteorologiche, oppure note alla maggior parte dei potenziali utenti dell'applicazione; 2) lo sviluppo di un'applicazione web, gratuita e di facile utilizzo, per la stima della qualità potenziale del foraggio per il territorio della Provincia di Bolzano.

## **Materiali e metodi**

I dati relativi alla qualità del foraggio sono stati ottenuti in 202 ambienti (combinazione di anno e sito sperimentale) tra il 2003 e il 2014, per un numero massimo di 35 siti per anno. Gli ambienti studiati coprono un ampio spettro delle condizioni tipiche dei prati permanenti della Provincia di Bolzano (da 666 a 1.593 m di altitudine, con una frequenza di taglio da 2 a 5 tagli/anno). In ogni ambiente è stato effettuato un campionamento sequenziale su piccole superfici (0,25 m<sup>2</sup>) in ripetizione quadrupla (Kasal et

al., 2010) all'interno di aree di prelievo di 50-100 m<sup>2</sup>, effettuato a cadenza settimanale a partire dallo stadio di inizio levata (definito come un'altezza media dell'erba di 15 cm) per un totale di sette date di campionamento. Tutti i parametri, ad eccezione delle digeribilità in vitro e degli elementi minerali, sono stati analizzati mediante NIRS (NIRSystem 5000, FOSS, U.S.A.), utilizzando una curva di calibrazione sviluppata sulla base dei risultati di analisi chimiche secondo Naumann et al. (1997) sul 20% dei campioni raccolti tra il 2003 e il 2007. Gli elementi minerali e la digeribilità *in vitro* sono stati analizzati rispettivamente secondo Naumann et al. (1997) e Tilley e Terry (1963) su campioni ottenuti combinando le quattro ripetizioni del singolo evento di prelievo. La composizione botanica di ogni campione è stata valutata in maniera speditiva, attribuendolo ad una classe di composizione botanica sulla base del contributo alla resa di graminacee, leguminose ed altre dicotiledoni; per ogni ambiente, inoltre, in corrispondenza del 3° o 4° evento di prelievo, è stato effettuato un rilievo botanico completo in termini di contributo alla resa secondo Klapp. Questi dati sono stati impiegati per la definizione di 7 tipi di prato mediante cluster analysis, ad uno dei quali è stato assegnato ogni ambiente (Peratoner et al., 2016). All'inizio dello studio sono state rilevate le principali informazioni relative alla gestione agronomica (frequenza di taglio, tipo e quantità applicata dei concimi organici di origine zootecnica, presenza di un impianto di irrigazione) ed è stato analizzato un campione di terreno. L'input di azoto è stato calcolato secondo Elsässer et al. (1998) sulla base dei contenuti medi di azoto totale e in forma ammoniacale dei diversi concimi organici aziendali di origine zootecnica (dati non pubblicati del Laboratorio di Chimica Agraria del Centro di Sperimentazione Laimburg). Le caratteristiche topografiche degli ambienti studiati sono state ottenute mediante GIS (ArcGIS 10.0) impiegando un modello digitale del terreno con risoluzione di 5 m. Inoltre sono state impiegate le seguenti variabili meteorologiche/climatiche, calcolate per ogni campione per l'intervallo di tempo compreso tra la settimana antecedente allo stadio di inizio levata e il momento di taglio:

1) Somme termiche: per 20 siti sono stati impiegati i dati giornalieri di temperatura (misurati a 2 m di altezza) delle stazioni meteorologiche della rete dell'Ufficio Idrografico della Provincia di Bolzano, laddove l'altitudine e l'esposizione del sito sperimentale e della stazione meteorologica erano simili e tra i due erano assenti rilievi con effetto schermante. Per i rimanenti 15 siti sono stati impiegati dati di temperatura interpolata giornaliera con una risoluzione di 250 m ottenuti secondo Schaumberger (2011). Per ogni parametro la temperatura cardinale minima (temperatura di base) è stata determinata secondo Romano et al. (2014).

2) Somme di radiazione globale potenziale, calcolata su base topografica mediante il tool Solar Analyst di ArcGIS ad una risoluzione di 100 m.

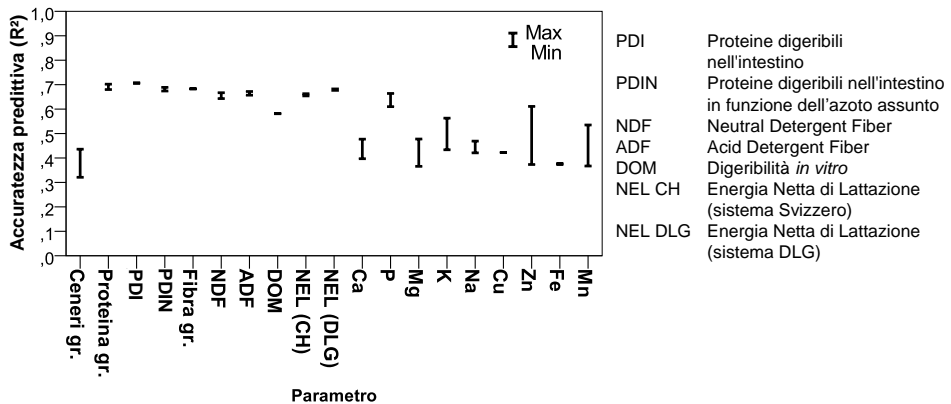
3) Somma e media degli scarti giornalieri delle precipitazioni dalla media ventennale, misurati in stazioni meteorologiche di riferimento all'interno di distretti pluviometrici omogenei. Essi sono stati individuati mediante cluster analysis (somme delle precipitazioni mensili dal 2001 al 2013 come variabili, distanza euclidea quadratica come misura di distanza, Ward come algoritmo di clustering), raggruppando le stazioni meteorologiche della Provincia di Bolzano in 5 gruppi omogenei ed assegnando i bacini idrografici relativi alla singola stazione e le aree circostanti al gruppo della stazione.

L'elaborazione statistica è avvenuta mediante mixed models sviluppati progressivamente mediante selezione successiva (stepwise forward) a partire da un modello di base che tiene conto degli effetti del disegno sperimentale (correlazione seriale degli eventi di campionamento con l'ambiente come soggetto, effetti casuali (random) del sito sperimentale, della superficie di prelievo all'interno del sito sperimentale, dell'anno e dell'interazione tra sito sperimentale ed anno) e delle somme termiche, fino al raggiungimento del valore minimo dell'Akaike Information Criterion (AIC) come descritto in Romano et al. (2016). Questo modello statistico è stato poi portato in forma definitiva mediante entrambe la selezione e l'eliminazione successiva (stepwise backward), fino al raggiungimento del valore massimo del quadrato del coefficiente di correlazione di Pearson tra valori osservati e predetti in base alla parte fissa del modello, ottenuto mediante convalida incrociata quintupla (5-fold cross-validation) secondo Hawkins et al. (2003). Per ogni parametro qualitativo sono stati sviluppati quattro differenti modelli statistici predittivi, supponendo che non sempre il valore di tutte le variabili indipendenti sia noto all'utente: un modello con tutte le variabili, uno senza le proprietà del terreno, uno senza il tipo di prato ed uno senza le caratteristiche del terreno e il tipo di prato.

I portatori di interesse e gli esperti locali sono stati coinvolti durante l'intera fase di sviluppo dell'applicazione web per assicurarne un facile e vasto impiego nella pratica agricola. Mediante il rilevamento in forma strutturata della loro opinione e la presentazione di prototipi dell'applicazione testati e discussi nel corso di 8 incontri periodici, essi hanno contribuito alla definizione dei parametri qualitativi del foraggio più importanti per i consulenti e gli agricoltori, alla stima delle informazioni note alla maggior parte degli utenti, all'individuazione delle specie foraggiere impiegabili per la classificazione del tipo di prato nonché alla verifica in stadi successivi dell'adeguatezza del diagramma di flusso dell'applicazione (workflow), del layout, delle maschere per l'inserimento dei dati, e dei testi e degli aiuti contestuali.

## Risultati e discussione

Complessivamente sono stati sviluppati modelli predittivi per 19 parametri qualitativi con un'accuratezza predittiva ( $R^2$ ) variabile tra 0,33 e 0,7 (Figura 1). In generale, il contenuto in ceneri ed elementi minerali viene predetto in maniera meno accurata rispetto agli altri parametri, ma le informazioni facoltative (caratteristiche del terreno e tipo di prato) contribuiscono a migliorarne la precisione. Per gli altri parametri invece il miglioramento dovuto alle informazioni facoltative è di fatto trascurabile e l'accuratezza è comunque soddisfacente.



**Figura 1** – Sommario dell'accuratezza predittiva dei modelli statistici espressa come quadrato del coefficiente di correlazione di Pearson tra valori osservati e predetti in base alla parte fissa del modello, ottenuto mediante convalida incrociata quintupla. I valori massimi (Max) si riferiscono ai modelli che utilizzano tutte le variabili indipendenti, quelli minimi (Min) si riferiscono ai modelli che non utilizzano le caratteristiche del terreno e il tipo di prato.

I modelli sono stati poi implementati in un'applicazione web di facile utilizzo, liberamente accessibile sul web ([www.webgras.laimburg.it](http://www.webgras.laimburg.it)). Parte dei dati di input richiesti dal modello (somme termiche, radiazione globale potenziale, scarti della precipitazione dalla media di lungo periodo in distretti pluviometrici omogenei) vengono generate con cadenza giornaliera da un sistema back-end a partire dai dati della rete locale delle stazioni meteorologiche. Altre informazioni vengono invece fornite dall'utente dell'applicazione. La conoscenza precisa della data di inizio levata (altezza dell'erba di 15 cm), la data di taglio e la composizione botanica speditiva sono le informazioni più rilevanti (Romano et al., 2016).

Nella sezione introduttiva dell'applicazione l'utente riceve informazioni generali sull'applicazione e sulle condizioni di utilizzo, con la possibilità di scaricare il relativo manuale, di accedere alla documentazione scientifica relativa allo sviluppo del progetto e ad un video che illustra brevemente le caratteristiche dell'applicazione ed il suo impiego. Il flusso di lavoro operativo dell'applicazione prevede diversi passi (Figura 2).



**Figura 2** – Diagramma di flusso dell'applicazione web. Solamente i passi 1 e 3 richiedono l'inserimento di informazioni da parte dell'utente.  
\* Informazioni facoltative da parte dell'utente.

L'utente definisce in primo luogo l'appezzamento per il quale viene richiesta la stima interagendo con un'interfaccia GIS, che consente la ricerca mediante dati catastali, la selezione a video di singole particelle o di disegnare l'appezzamento sullo sfondo di ortofoto e particelle catastali ①. Questa operazione fornisce l'informazione necessaria per la definizione in automatico del distretto pluviometrico e delle caratteristiche topografiche medie dell'appezzamento ②. A questo punto ③ l'utente immette in una maschera le informazioni richieste. Per ogni informazione sono disponibili menù di aiuto contestuali, sia testuali che basati su immagini. Accanto alla data reale di raccolta è possibile indicare anche due date fittizie. Per entrambe viene prodotta una stima, al fine di consentire all'utente la valutazione dell'effetto di un anticipo o di un ritardo della data di taglio. La combinazione della localizzazione dell'appezzamento, della data dello stadio di levata e di quella di taglio consentono quindi il calcolo della somma

di radiazione potenziale ④, della somma e della media degli scarti di precipitazione dalla media di lungo periodo per il rispettivo distretto pluviometrico ⑤ e la somma termica ⑥. Tutte queste informazioni costituiscono i dati di input per i modelli statistici predittivi ⑦, che producono le stime per i diversi parametri qualitativi ⑧. A seconda dell'inserimento da parte dell'utente delle informazioni relative al tipo di prato e/o alle caratteristiche del terreno, viene impiegato automaticamente il modello predittivo corrispondente.

L'utente riceve un report relativo alla sua richiesta che contiene i valori stimati per i diversi parametri qualitativi, sia per la data di taglio effettiva che per quelle fittizie. L'applicazione prevede la possibilità di richiamare sia i report prodotti che i relativi dati di input per correggere eventuali informazioni erroneamente immesse e richiedere una nuova stima. Negli anni successivi al primo è possibile inoltre usare i dati immessi in precedenza come base per le nuove richieste di stima, cambiando solo le informazioni necessarie, riducendo così l'impegno di tempo per l'uso dell'applicazione.

## **Conclusioni**

Dalla stagione vegetativa 2016 l'applicazione webGRAS è disponibile in tre lingue (Tedesco, Italiano e Ladino) per gli agricoltori e la consulenza professionale per la stima della qualità potenziale del foraggio del primo taglio dei prati permanenti della Provincia di Bolzano.

## **Ringraziamenti**

Si ringrazia il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale FESR 2007-2013 per il finanziamento del progetto webGRAS, l'Ufficio Idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano per aver messo a disposizione i dati meteorologici e la Ripartizione Informatica della Provincia Autonoma di Bolzano per aver messo a disposizione i dati GIS. Ringraziamo inoltre A. Kasal (Ufficio Economia Montana), J. Thomaseth (Ufficio Zootecnia), H. Klocker, C. Pnitzner, T. Prünster (BRING), R. Reiterer, G. Tschurtschenthaler (Consulenza Tecnica per gli Agricoltori di Montagna), K. Gallmetzer, M. Lintner, E. Theiner, S. Theiner (Scuole Professionali per l'Agricoltura), A. Matteazzi, M. Monthaler, E. Stimpfl (Centro per la Sperimentazione Agraria e Forestale Laimburg), M. Crepaz, C. Falkensteiner, L. Unterhofer (Unione degli Agricoltori Sudtirolesi), A. Kaser und M. Pichler (Federazione Latterie Alto Adige) per il loro prezioso contributo ad una configurazione di facile uso per gli utenti dell'applicazione. Ringraziamo inoltre A. Avvenuti e M. Zambaldi (Ripartizione Informatica) per il sostegno alla gestione della fase di programmazione dell'applicazione e

Isabella Ties (Ufficio Questioni linguistiche) per le traduzioni in Ladino. L'Informatica Alto Adige SpA ha sviluppato la programmazione dell'applicazione.

## Bibliografia

- Bovolenta S., Spanghero M., Dovier S., Orlandi D., Clementel F., 2008. *Chemical composition and net energy content of alpine pasture species during the grazing season*. *Animal Feed Science and Technology*, 146: 178-191.
- Bruninberg M.H., Valk H., Korevaar H., Struik P.C., 2002). *Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review*. *Grass and Forage Science*, 57: 292-301.
- Daccord R., Wyss U., Jeangros B., Meisser M., 2007. *Bewertung von Wiesenfutter. Nährstoffgehalt für die Milch- und Fleischproduktion*. AGFF Merkblatt 3., AGFF, Zürich.
- Elsässer M., Kunz H.G., Briemle G., 1998. *Auswirkungen unterschiedlicher Düngung auf Dauergrünland im Vergleich von konventioneller mit biologischer Bewirtschaftung*. *Das Wirtschaftseigene Futter*, 34: 107-116.
- Gusmeroli F., Corti M., Orlandi D., Pasut D., Bassignana M., 2005. *Produzione e prerogative qualitative dei pascoli alpini: riflessi sul comportamento al pascolo e l'ingestione*. In: SoZooAlp (ed.): L'alimentazione della vacca da latte al pascolo. Riflessi zootecnici, agro-ambientali e sulla tipicità delle produzioni. Quaderni SoZooAlp 2. Nuove Arti Grafiche, Trento, pp. 7-28.
- Hakl J., Šantrůček J., Fuksa P., Krajč L., 2010. *The use of indirect methods for the prediction of lucerne quality in the first cut under the conditions of Central Europe*. *Czech Journal of Animal Science*, 55: 258-265.
- Hawkins D.M., Basak S.C., Mills D., 2003. *Assessing model fit by cross-validation*. *Journal of Chemical Information and Computer Science*, 43: 579-586.
- Kasal A., Stimpfl E., Peratoner G., 2010. *A test of sampling methods for the investigation of forage quality in permanent meadows*. *Grassland Science in Europe*, 15: 542-544.
- Mitchell R., Fritz J., Moore K., Moser L.E., Vogel K., 2001. *Predicting forage quality in switchgrass and big bluestem*. *Agronomy Journal*, 93: 118-124.
- Naumann N., Bassler R., Seibold R., Barth C., 1997. *Methodenbuch Band III, Chemische Untersuchung von Futtermitteln*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Parsons D., Cherney J.H., Gauch H.G., 2006. *Estimation of preharvest fiber content of mixed Alfalfa-grass stands in New York*. *Agronomy Journal*, 98: 1081-1089.
- Parsons D., Peterson P.R., Cherney J.H., 2013. *Estimation of nutritive value of spring alfalfa-grass mixtures using in-field measurements and growing degree data*. *Forage and Grazinglands* 11 (1), doi:10.1094/FG-2012-0162-RS.
- Peratoner G., Romano G., Piepho H.-P., Bodner A., Schaumberger A., Resch R., Pötsch E.M., 2016. *Suitability of different methods to describe the botanical composition for predicting forage quality of permanent meadows at the first cut*. *Grassland Science in Europe*, 21: 311-313.
- Resch R., Guggenberger T., Gruber L., Ringdorfer F., Buchgraber K., Wiedner G., Kasal A., Wurm K., 2006. *Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum*. *Der fortschrittliche Landwirt*, 84: 1-20.
- Rinne M., Nykänen A., 2000. *Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of timothy-red clover mixtures*. *Agricultural and Food Science in Finland*, 9: 121-134.
- Romano G., Piepho H.-P., Schaumberger A., Bodner A., Peratoner G., 2016. *Statistical models to estimate the potential forage quality of permanent meadows at the first cut*. *Grassland Science in Europe*, 21: 305-307.
- Romano G., Schaumberger A., Piepho H.-P., Bodner A., Peratoner G., 2014. *Optimal base temperature for computing growing degree-day sums to predict forage quality of mountain permanent meadow in South Tyrol*. *Grassland Science in Europe*, 19: 655-657.
- Schaumberger A., 2011. *Räumliche Modelle zur Vegetations- und Ertragsdynamik im Wirtschaftsgrünland*. Dissertation. Universität von Graz.
- Tilley J.M.A., Terry R.A., 1963. *A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops*. *Journal of the British Grassland Society*, 18: 104-111.